

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
る事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2003年 4月11日

願 番 号
Application Number: 特願2003-107830

[T. 10/C]: [JP2003-107830]

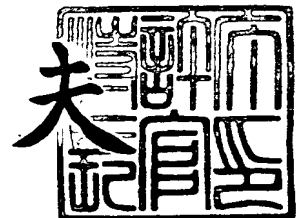
願 人
Applicant(s): 富士電機デバイステクノロジー株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2004年 3月 8日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特2004-3017884

【書類名】 特許願

【整理番号】 03P00920

【提出日】 平成15年 4月11日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 29/78

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内

 【氏名】 鳶坂 浩志

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内

 【氏名】 藤平 龍彦

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内

 【氏名】 木内 伸

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内

 【氏名】 簗谷 由成

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内

 【氏名】 市村 武

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内

 【氏名】 八重澤 直樹

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号 富士電機株式会社内

【氏名】 斎藤 龍

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号 富士電機株式会社内

【氏名】 古畑 昌一

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号 富士電機株式会社内

【氏名】 原田 祐一

【特許出願人】

【識別番号】 000005234

【氏名又は名称】 富士電機株式会社

【代理人】

【識別番号】 100088339

【弁理士】

【氏名又は名称】 篠部 正治

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013099

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9715182

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 同一基板上に形成され、並列接続されたトランジスタおよびサージ吸収素子を備えた半導体装置において、

前記トランジスタの降伏動作時の抵抗より前記サージ吸収素子の降伏動作時の抵抗が小さく、かつ、前記トランジスタの二次降伏電流より前記サージ吸収素子の二次降伏電流が大きいことを特徴とする半導体装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の半導体装置において、前記トランジスタの降伏電圧より前記サージ吸収素子の降伏電圧が小さいことを特徴とする半導体装置。

【請求項 3】 請求項 1 または請求項 2 に記載の半導体装置において、前記トランジスタの二次降伏電圧より前記サージ吸収素子の二次降伏電圧が小さいことを特徴とする半導体装置。

【請求項 4】 請求項 1 に記載の半導体装置において、前記サージ吸収素子に流れるサージ電流より該サージ吸収素子の二次降伏電流が大きいことを特徴とする半導体装置。

【請求項 5】 請求項 1 に記載の半導体装置において、前記トランジスタは横型 MOSFET であり、前記ダイオードはツェナーダイオードであることを特徴とする半導体装置。

【請求項 6】 複数のトランジスタから構成される半導体装置において、該半導体装置の入力端子－電源端子間、出力端子－電源端子間、電源端子－接地間の少なくとも 1 箇所にサージ吸収素子を設け、該サージ吸収素子と前記トランジスタが前記請求項 1～4 の少なくとも 1 つの関係を満たすことを特徴とする半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、高 ESD (Electro Static Discharge :

静電放電)耐量およびEMC (Electro Magnetic Compatibility) を含む高ノイズ耐量を具えたトランジスタを有する半導体装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来より、高ESD耐量およびEMC (Electro Magnetic Compatibility) を含む高ノイズ耐量が要求される自動車電装器および各種産業機器、モータコントロール、OA (オフィスオートメーション) 機器、モバイル (携帯) 機器または家庭電化機器等において、複数のパワー半導体素子 (スイッチ素子) と駆動制御回路等とを同一チップ上に集積した統合型のインテリジェントスイッチデバイスが用いられている。

統合型インテリジェントスイッチデバイスは、サージ電圧やノイズからデバイス内の各素子を保護するため同一半導体基板上にサージ吸収素子が形成されている (例えば、特許文献1参照)。

【0003】

図3は、横型のMOSFETとサージ吸収素子としての縦型のダイオードを同一半導体基板上に形成した構成を示す断面図である。図3に示すように、横型パワーMOSFET20とサージ吸収素子としての縦型ダイオード30とが半導体基板10上に形成されている。

半導体基板10は高濃度のN層11上の低濃度N層12からなり、低濃度N層12の表面領域にPウエル21、31が形成され、Pウエル21内に横型のMOSFET20が形成され、Pウエル31内に縦型のダイオード30が形成されている。

【0004】

Pウエル31の表面は高濃度P層32を介してカソード電極33が接続され、カソード電極33はPウエル21の表面の高濃度N層24を介して接続される横型MOSFET20のドレイン電極25と配線35によって接続されている。26、27は横型MOSFET20のゲート電極、ソース電極である。

半導体基板10の裏面に形成された電極13は設置され、ダイオード30のア

ノード電極となる。

図3の構成において、横型MOSFET20のドレイン電極にESDやサージが印加されると、このESDやサージのエネルギーを縦型ダイオード30が吸収して、横型MOSFET20を保護する。

【0005】

【特許文献1】

特開平3-49257号公報（第3図など）

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述したデバイスを、ESD耐量、サージ・ノイズ耐量の要求が厳しい自動車用途に用いる場合には、10kV～15kV（試験条件150pF，150Ω）の非常に高いESD耐量が要求され、特にパワー半導体素子においては実力耐量25kV以上の高いESD耐量が要求される。

MOSFET等を備えたパワーICでは上記の要求が満たせない場合には、コンデンサ、ダイオード、抵抗等の素子をディスクリート部品の外付け対応する必要がある、部品点数の増加、組立等の作業工数の増加、コストの増加等の課題がある。

【0007】

これに対して図Aに示す構成を採用することにより、外付け部品の削減を図ることができる。

しかしながら、上記の要求を満たすサージ吸収素子は、所望のサージ吸収能力を満たすためにその能力に余裕を持たせて形成されるため、チップ面積が大きくなる。

複数の素子を1チップに集積し、高耐圧化、微細化を図ってチップ面積を縮小しようとする中でサージ吸収素子の面積が増大するのは、チップ面積を縮小してコストを圧縮するうえでの大きな問題である。

【0008】

本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであって、過剰なサージ吸収能力を必要とせず、より小さいチップ面積で必要な高ESD耐量および高サージ耐量

を具えた横型MOSFETを有する半導体装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明者らは鋭意研究をおこなった。その内容について説明する。本発明者らは、60V定格の横型MOSFET20、縦型MOSFET20' および縦型ツェナーダイオード30の素子領域面積に対するESD耐量を求める実験をおこなった。その結果を図4に示す。なお、基板、プロセス条件および素子の降伏電圧は同一である。また、ESD耐量の測定条件として、主に日本国内における自動車用途で用いられる150pF-150Ωの条件を用いて実施した。この自動車用途で要求されるESD耐量は10kV~15kV以上であり、特に前記MOSFET20, 20' に要求される実力耐量は25kV以上である。

【0010】

従来、上述した要求を満たせない場合には、外付けディスクリット部品として保護コンデンサ、ダイオードおよび抵抗等を追加することによって、前記MOSFET20, 20'等を備えたパワーIC等が実用化されている。その代わり、コストが増大するという不利益がある。図4からわかるように、MOSFET20, 20'を用いて上述したESD耐量要求を満たすためには、素子面積が十分大きい必要がある。特に、横型MOSFET20では、10kVのESD耐量を達成するためには、10mm²を超える大きな面積が必要である。それに対して、縦型ツェナーダイオード30では、パッド電極レベルの0.2mm²の小さな素子面積で30kVのESD耐量を達成することができる。

【0011】

横型MOSFET20においては、微細化が進み、それによって単位面積あたりのオン抵抗が下がり、60V定格では1mΩcm²まで発展してきている。現在、自動車用途でもっとも多い数百mΩのオン抵抗領域では、横型MOSFET20の素子面積は数mm²程度で十分である。今後、ますますパワーICに搭載される素子面積が小さくなるため、ESD耐量は下がる傾向にある。今回、本発明者らは、横型MOSFET20、縦型MOSFET20' および縦型ツェナー

ダイオード30の素子面積に対するESD耐量の関係を、データとして同じ尺度で定量化した。それによって、横型MOSFET20、縦型MOSFET20'および縦型ツェナーダイオード30について、ESD耐量の傾向と問題を定量的に扱うことができるようになった。

【0012】

上記の点を踏まえ、本発明においては、同一基板上に形成され、並列接続されたトランジスタおよびダイオードを備えた半導体装置において、前記トランジスタの降伏動作時の抵抗より前記ダイオードの降伏動作時の抵抗を小さく、かつ、前記トランジスタの二次降伏電流より前記ダイオードの二次降伏電流を大きくすればよい。

また、上記の構成において、前記トランジスタの降伏電圧より前記ダイオードの降伏電圧を小さくすればよく、あるいは、前記トランジスタの二次降伏電圧より前記ダイオードの二次降伏電圧を小さくすればよく、あるいは、前記ダイオードに流れるサージ電流より該ダイオードの二次降伏電流を大きくすればよい。

【0013】

上記の各構成において、前記トランジスタを横型MOSFET、前記ダイオードを縦型のツェナーダイオードで構成するのが好適である。

なお、統合型のインテリジェントスイッチデバイスを複数のトランジスタから構成する場合において、該デバイスの入力端子-電源端子間、出力端子-電源端子間、電源端子-接地間の少なくとも1箇所にダイオードを設け、該ダイオードと前記トランジスタが前記の少なくとも1つの関係を満たすとよい。

前記ダイオードと前記トランジスタとが上記の関係を満たすためには、半導体基板の抵抗率を $0.3 \sim 10 \Omega \text{cm}$ とすればよい。また、特に半導体基板の裏面に半導体層を設けるとよく、例えばこの裏面半導体層の抵抗率を $0.1 \Omega \text{cm}$ 以下とすればよい。

【0014】

また、ダイオードの降伏電圧を所望値に定めるためには、ダイオードと半導体基板裏面の半導体層との間でパンチスルーまたはリーチスルーが起こる条件で決定されるダイオードを形成するウエルの接合深さ及び不純物濃度と、半導体基板

の抵抗率および厚さとの関係で定めるものとする。

【0015】

【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態にかかる半導体装置は、横型MOSFETと縦型サージ吸収素子としてのツェナーダイオードとを、特別な素子分離構造を形成せずに、同一半導体基板上に形成し、横型MOSFETのドレイン電極またはソース電極と縦型ツェナーダイオードの表面電極とを金属電極配線により電氣的に接続した構成となっている。

図1は、トランジスタとしての横型MOSFET20とサージ吸収素子としてのツェナーダイオード30のI-V特性を示す図である。

【0016】

先ず、横型MOSFET20の降伏動作時の抵抗($R_B(MOS)$)は降伏動作時の傾き($d i / d v$)であり、縦型ツェナーダイオード30の降伏動作時の抵抗($R_B(ZD)$)との間に(1)式の関係を満たし、

【0017】

【数1】

$$(R_B(ZD)) < (R_B(MOS)) \quad \dots (1)$$

同時に横型MOSFET20の二次降伏電流($I_{SB}(MOS)$)と縦型ツェナーダイオード30の二次降伏電流($I_{SB}(ZD)$)との間に(2)式の関係を満たすものとする(条件1)。

【0018】

【数2】

$$(I_{SB}(ZD)) > (I_{SB}(MOS)) \quad \dots (2)$$

上記の(1)、(2)式関係を同時に満たすことにより横型MOSFETのサージからの保護を図ることができる。

さらに、上記(1)、(2)式関係に加えて、横型MOSFET20の降伏電圧($V_B(MOS)$)と縦型ツェナーダイオードの降伏電圧($V_B(ZD)$)との間に(3)式関係を満たすものとする(条件2)。

【0019】

【数 3】

$$(V_B(ZD)) < (V_B(MOS)) \quad \dots (3)$$

上記の (1) ~ (3) 式の関係と同時に満たすことにより横型 MOSFET のサージからの保護を図ることができる。

あるいは、上記 (1), (2) 式の関係に加えて、横型 MOSFET 20 の二次降伏電圧 ($V_{SB}(MOS)$) と縦型ツェナーダイオードの二次降伏電圧 ($V_{SB}(ZD)$) との間に (4) 式の関係を満たすものとする (条件 3)。

【0020】

【数 4】

$$(V_{SB}(ZD)) < (V_{SB}(MOS)) \quad \dots (4)$$

上記の (1), (2), (4) 式の関係と同時に満たすことにより横型 MOSFET のサージからの保護を図ることができる。

また、上記の (1) ~ (4) 式を同時に満たすものとする (条件 4)。このことにより横型 MOSFET のサージからの保護を図ることができる。

また、上記 (1), (2) 式の関係に加えて、所望の ESD 及びサージ・ノイズ耐量における縦型ツェナーダイオード 30 に流れるサージ電流 (I_{surge}) とし、縦型ツェナーダイオード 30 の二次降伏電流 ($I_{SB}(ZD)$) との間に (5) 式の関係を満たすものとする (条件 5)。

【0021】

【数 5】

$$(I_{surge}) < (I_{SB}(ZD)) \quad \dots (5)$$

上記の (1), (2), (5) 式の関係と同時に満たすことにより縦型ツェナーダイオードのサージによる破壊を回避し、かつ横型 MOSFET のサージからの保護を図ることができる。

ここで、サージ電流 (I_{surge}) は、例えば、試験条件 150 pF, 150 Ω において 25 kV のサージ電圧を想定したときに流れる電流であり、後述の図 2 における経路 F には約 100 A の電流が瞬間的に流れる。測定条件は、素子の仕様により任意に設定されるものであり、サージ電圧も素子の特性に応じて任意に設定される。

【0022】

なお縦型ツェナーダイオード30と横型MOSFET20とが上記の関係を満たすためには、両素子が形成される半導体基板の抵抗率を $0.3 \sim 10 \Omega \text{cm}$ とすればよい。また、特に半導体基板の裏面に半導体層を設けるとよく、例えばこの裏面半導体層の抵抗率を $0.1 \Omega \text{cm}$ 以下とすればよい。

また、縦型ツェナーダイオードの降伏電圧($V_B(ZD)$)を所望値に定めるためには、縦型ツェナーダイオード30が形成されるウエル領域と半導体基板裏面の半導体層との間で、パンチスルーまたはリーチスルーが起こることを条件とし、前記ウエル層の接合深さ及び不純物濃度と、半導体基板の抵抗率および厚さを決定すればよい。

【0023】

例えば、図3の構成において、 $0.95 \Omega \text{cm}$ の低濃度N層12上に不純物を $2.7 \times 10^{14} \text{cm}^{-2}$ でイオン注入してPウエル31を形成する。

なお、上記の条件1～条件5をすべて充足するのが好ましいが、条件の少なくとも1つを充足することによってMOSFETの保護を図ることができる。したがって、統合型のインテリジェントスイッチデバイスを構成する各素子が必要な特性を得られるよう各領域の濃度やレイアウトを設計する際に、各素子の特性を犠牲にすることなく、上記条件1～条件5の中から採用しやすい条件を選択すればよい。

【0024】

〔実施例〕

次に、図2を用いて実施例を説明する。図2は本発明の実施例を示す図であり、1は複数のMOSFET2から構成されるICであって入力端子3、出力端子4、電源端子5を備えている。

IC1にサージ電圧が印加されると、矢印A～Fに示す経路でサージ電流が流れる。このようなサージ電圧からIC1即ちIC1を構成するMOSFET2を保護するために、入力端子3－電源端子5間、出力端子4－電源端子5間、電源端子5－接地間にツェナーダイオード6を設けている。

【0025】

このとき、ツェナーダイオード6とMOSFET2との間に上述した（条件1）～（条件5）の少なくとも1つの関係を満たすものとする。

上記の関係を満たすとき、ツェナーダイオード6とMOSFET2の動作波形は図1に示すI-V特性となる。ESD等のサージが印加されると、ツェナーダイオード6とMOSFET2には V_{surge} の電圧が印加され、ツェナーダイオード6には I_{surge} の電流が流れる。このとき、上述した条件を満たしていれば、MOSFET2に印加されるサージ電圧 V_{surge} は、MOSFET2の二次降伏電圧 $V_{SB}(MOS)$ を上回ることがなく、MOSFET2をESD等のサージによる破壊から確実に保護することができる。

【0026】

このように構成することにより、サージ吸収素子のサイズを最適化でき、統合型のインテリジェントスイッチデバイスのチップサイズを縮小することができる。

なお、図2では各経路にツェナーダイオードを配置しているが、サージ電圧が印加されるモードが特定できる場合には、少なくともその端子間にサージ吸収素子を配置すればよく、他の個所への配置は省略できる。サージ吸収素子の配置を省略することによりチップサイズの一層の小型化を図ることができる。

上記の実施の形態および実施例では横型のMOSFETとサージ吸収素子として縦型のツェナーダイオードを例に説明をしたがこれに限るものではなく、上記の条件1～条件5を充足する素子を採用することができる。

【0027】

【発明の効果】

本発明によれば、通常MOSFET動作にはなんら影響を与えず、ESDやサージ等の吸収能力を損なうことなく、十分小さい面積で高ESD耐量および高サージ耐量を有する半導体装置を得ることができる。したがって、半導体装置の微細集積化に伴うESD耐量およびサージ・ノイズ耐量の低下を抑制し、チップ面積の大幅な増加を招くことなく、より低コストな半導体基板を用いて高ESD耐量および高サージ・ノイズ耐量を有する、より低価格の統合型のパワーICおよ

び統合型の通信 IC 等を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

横型 MOSFET とツェナーダイオード I-V 特性を示す図。

【図 2】

本発明の実施例の構成を示す断面図である。

【図 3】

従来の統合型のインテリジェントスイッチデバイスの構成を示す断面図である。

。

【図 4】

60V 定格の横型 MOSFET、縦型 MOSFET、縦型ツェナーダイオードおよび高 ESD 耐量を備えた横型 MOSFET について、素子面積に対する ESD 耐量の実験結果を示す特性図である。

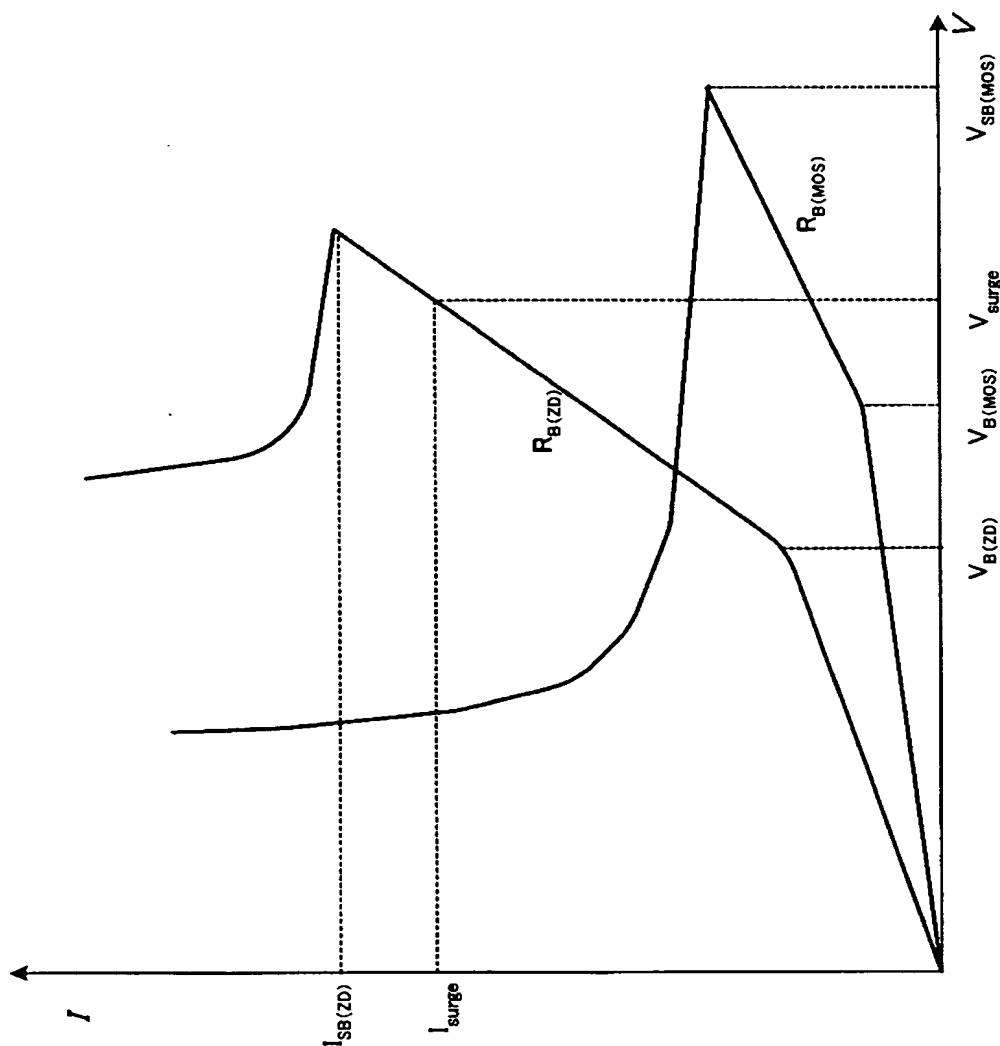
【符号の説明】

- 1 IC
- 2 MOSFET
- 3 入力端子
- 4 出力端子
- 5 電源端子
- 6 ツェナーダイオード
- 20 サージ吸収素子（縦型ダイオード）
- 21, 31 P ウェル
- 11 高濃度 N 層（半導体基板）
- 12 低濃度 N 層（半導体基板）
- 13 裏面電極（アノード電極）
- 22, 24 N 型高濃度層
- 23 N ベース
- 27 ドレイン電極
- 28 ゲート電極

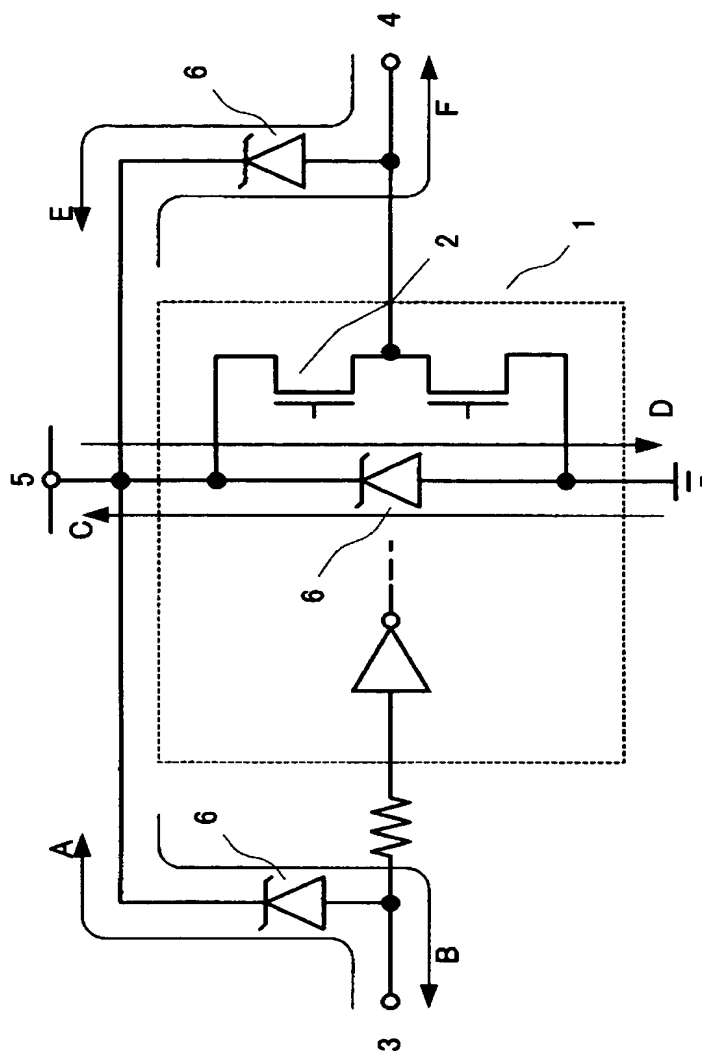
- 2 9 ソース電極
- 3 2 P 型高濃度層
- 3 3 カソード電極
- 3 5 配線

【書類名】 図面

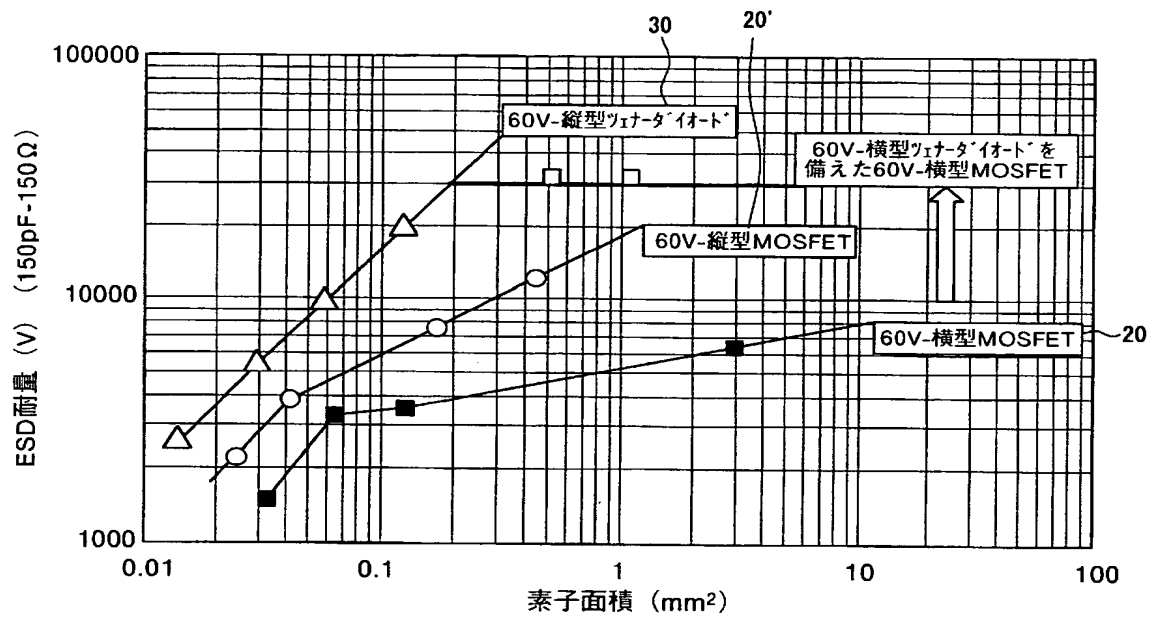
【図 1】



【図 2】



【図 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 統合型のインテリジェントスイッチデバイス、複統合型の入力信号・伝達 IC または統合型のパワー IC などに用いられる横型 MOSFET において、複雑な分離構造を用いずに、より小さいチップ面積で ESD 耐量およびサージ耐量を高くすること。

【解決手段】 表面電極 48 によりベースとエミッタをショートし、かつ P 型エピタキシャル成長層 43 および P 型半導体基板 44 をコレクタとする縦型バイポーラトランジスタの前記表面電極 48 と、横型 MOSFET のドレイン電極 52 とを金属電極配線 54 により電氣的に接続し、高 ESD 電圧や高サージ電圧が印加されたときに、縦型バイポーラトランジスタの動作により ESD およびサージエネルギーを吸収するとともに、破壊に至る横型 MOSFET の降伏耐圧以下の電圧に制限する。

【選択図】 図 1

【書類名】 出願人名義変更届（一般承継）
【整理番号】 03P00920
【提出日】 平成15年11月 7日
【あて先】 特許庁長官 殿
【事件の表示】
【出願番号】 特願2003-107830
【承継人】
【識別番号】 503361248
【氏名又は名称】 富士電機デバイステクノロジー株式会社
【承継人代理人】
【識別番号】 100088339
【弁理士】
【氏名又は名称】 篠部 正治
【電話番号】 03-5435-7241
【提出物件の目録】
【物件名】 権利の承継を証明する書面 1
【援用の表示】 特願 2 0 0 3 - 3 2 5 9 4 9 の出願人名義変更届（一般承継）に
添付した会社分割承継証明書
【物件名】 承継人であることを証明する書面 1
【援用の表示】 特願 2 0 0 2 - 2 9 8 0 6 8 の出願人名義変更届（一般承継）に
添付した登記簿謄本
【包括委任状番号】 0315472

特願 2 0 0 3 - 1 0 7 8 3 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 5 2 3 4]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 9 月 5 日
[変更理由] 新規登録
住 所 神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号
氏 名 富士電機株式会社
2. 変更年月日 2 0 0 3 年 1 0 月 2 日
[変更理由] 名称変更
住 所 神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1 番 1 号
氏 名 富士電機ホールディングス株式会社

特願 2 0 0 3 - 1 0 7 8 3 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[5 0 3 3 6 1 2 4 8]

1. 変更年月日

2 0 0 3 年 1 0 月 2 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都品川区大崎一丁目 1 1 番 2 号

氏 名

富士電機デバイステクノロジー株式会社